

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-235252
(P2003-235252A)

(43)公開日 平成15年 8 月22日 (2003. 8. 22)

(51)IntCl. ⁷	識別記号	F I	テマート*(参考)
H 0 2 M 3/155		H 0 2 M 3/155	W 5 H 1 1 5
B 6 0 L 7/22		B 6 0 L 7/22	G 5 H 7 3 0
11/18	Z H V	11/18	Z H V A

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2002-32973(P2002-32973)

(22)出願日 平成14年 2 月 8 日 (2002. 2. 8)

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町 1 番地

(72)発明者 土屋 次郎

愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

(74)代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外 1 名)

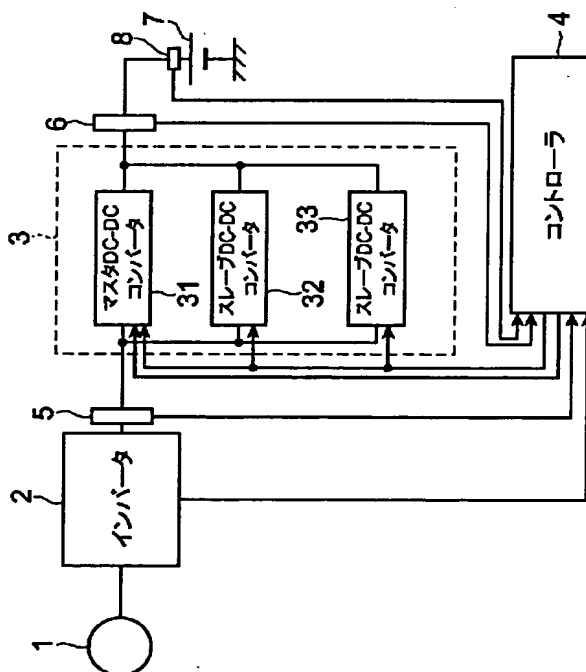
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電源回路

(57)【要約】

【課題】 入力電力が変化しても良好な変換効率で動作するDC-DCコンバータを備えた電源回路を提供すること。

【解決手段】 本発明の電源回路は、マスタスレーブ型DC-DCコンバータ3、コントローラ4および電流／電圧センサ5、6により構成されており、電動発電機1とバッテリー7との間にインバータ2と共に設けられている。コントローラ4は、インバータ2からの要求出力電圧、電流／電圧センサ5、6からの入出力電流・電圧情報、および電圧センサ6からのバッテリー電圧情報等に基づいて、マスタDC-DCコンバータ31およびスレーブDC-DCコンバータ32、33を制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 1または2以上のマスタDC-DCコンバータと、出力電流および出力電圧が前記マスタDC-DCコンバータと一致するように動作する1または2以上のスレーブDC-DCコンバータとを有するマスタースレーブ型DC-DCコンバータと、前記マスタースレーブ型DC-DCコンバータの入力電力または出力電力のいずれかをリファレンス電力とし、作動させる前記マスタDC-DCコンバータおよびスレーブDC-DCコンバータを前記リファレンス電力に応じて選択する制御手段と、を備えたことを特徴とする電源回路。

【請求項2】 前記制御手段は、前記マスタDC-DCコンバータおよび前記スレーブDC-DCコンバータの各最大効率出力電力の和が前記マスタースレーブ型DC-DCコンバータの出力電力またはそれに近い値となるように前記マスタDC-DCコンバータおよび前記スレーブDC-DCコンバータを選択することを特徴とする請求項1に記載の電源回路。

【請求項3】 前記制御手段は、前記マスタースレーブ型DC-DCコンバータの変換効率が最大効率に近づくように出力電圧を調整するものであることを特徴とする請求項2に記載の電源回路。

【請求項4】 前記マスタースレーブ型DC-DCコンバータの一方の入出力端子にインバータを介して車両用電動発電機が接続され、他方の入出力端子に車両用充放電手段が接続されていることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の電源回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、DC-DCコンバータ、特に、マスタースレーブ型DC-DCコンバータを有する電源回路に関するものである。

【0002】

【従来の技術】電気自動車やハイブリッド車では、減速時において電動発電機からの回生電力をDC-DCコンバータで変圧してバッテリーに蓄えている。この種のDC-DCコンバータに関する技術として、たとえば、特開2000-253503号公報に開示されたものがある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】一般に、DC-DCコンバータは入力電力に応じて変換効率が変化する。特に、主回路を1回路設けた方式の双方向DC-DCコンバータの場合、その変化の程度が大きい。変換効率の悪化要因には、一次側のスイッチング損失と二次側の整流ダイオードの順方向電圧降下による損失がある。一般的には、定格出力近傍において最大効率になるようにDC-DCコンバータは設計されるが、入力電流の増加あるいは入力電圧の増加により、一次側の損失、つまりスイ

ッチング損失が増加し、変換効率を悪化させる。一方、低入力電力時には、スイッチング損失が減少する代わりに、二次側の損失が支配的になって変換効率を悪化させる。

【0004】電気自動車やハイブリッド車における電動発電機による回生電力は、車両の運転状態によって大きく変化するため、DC-DCコンバータに入力される電力も大きく変化する。したがって、DC-DCコンバータを常に最良の変換効率で動作させることが難しかった。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の電源回路は、このような課題を解決するためになされたものであり、1または2以上のマスタDC-DCコンバータと、出力電流および出力電圧がマスタDC-DCコンバータと一致するように動作する1または2以上のスレーブDC-DCコンバータとを有するマスタースレーブ型DC-DCコンバータと、マスタースレーブ型DC-DCコンバータの入力電力または出力電力のいずれかをリファレンス電力とし、作動させるマスタDC-DCコンバータおよびスレーブDC-DCコンバータを前記リファレンス電力に応じて選択する制御手段とを備えたことを特徴とする。

【0006】この電源回路によれば、マスタースレーブ型DC-DCコンバータの入力電力または出力電力に応じて選択されたマスタDC-DCコンバータおよびスレーブDC-DCコンバータのみが作動する。マスタースレーブ型DC-DCコンバータとしての最大効率出力電力は、選択されたマスタDC-DCコンバータおよびスレーブDC-DCコンバータの各最大効率出力電力の和となるため、選択結果に応じてマスタースレーブ型DC-DCコンバータの最大効率出力電力が変化する。

【0007】制御手段は、マスタDC-DCコンバータおよびスレーブDC-DCコンバータの各最大効率出力電力の和がマスタースレーブ型DC-DCコンバータの出力電力またはそれに近い値となるようにマスタDC-DCコンバータおよびスレーブDC-DCコンバータを選択することが望ましい。

【0008】マスタDC-DCコンバータおよびスレーブDC-DCコンバータをこのように選択することにより、マスタースレーブ型DC-DCコンバータを最大効率またはそれに近い効率で作動させることができる。

【0009】制御手段は、マスタースレーブ型DC-DCコンバータの変換効率が最大効率に近づくように出力電圧を調整するものであることが望ましい。

【0010】マスタDC-DCコンバータおよびスレーブDC-DCコンバータの適切な選択によって、マスタースレーブ型DC-DCコンバータの変換効率を最大効率におおよそ近づけた後に、出力電力を調整することにより、変換効率をさらに最大効率に近づけることができ

10

20

30

40

50

る。

【0011】マスタスレーブ型DC-DCコンバータの一方の入出力端子にインバータを介して車両用電動発電機が接続され、他方の入出力端子に車両用充放電手段が接続されていることが望ましい。

【0012】車両用電動発電機の回生電力は、車両の減速状況に応じて大きく変化するが、回生電力の値に応じてマスタスレーブ型DC-DCコンバータの変換効率が最大効率に近づくように調整されるので、効率よく車両用充放電手段に充電することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の一実施形態である電源回路を示すブロック図である。この電源回路は、マスタスレーブ型DC-DCコンバータ3、コントローラ4および電流／電圧センサ5、6により構成されており、ハイブリッド車あるいは電気自動車において、車両駆動用の電動発電機1と充放電手段であるバッテリー7との間にインバータ2と共に設けられている。

【0014】電動発電機1は、車両走行の動力源として、すなわち電動機として動作すると共に、車両減速時には発電機として動作して回生電力を出力する。

【0015】インバータ2は、電動発電機1を駆動する際には、マスタスレーブ型DC-DCコンバータ3で昇圧されたバッテリー7の直流電力を三相交流電力に変換する。また、インバータ2は、電動発電機1を発電機として動作させる際には、すなわち、回生動作させる際には、電動発電機1で生成された交流の回生電力を直流電力に変換する。

【0016】マスタスレーブ型DC-DCコンバータ3は、双方向のDC-DCコンバータであり、双方向動作を行うマスタDC-DCコンバータ31と、同じく双方向動作を行うスレーブDC-DCコンバータ32、33とを有する。なお、マスタDC-DCコンバータ31およびスレーブDC-DCコンバータ32、33を総称してここでは要素コンバータとよぶことにする。

【0017】マスタDC-DCコンバータ31は、コン*

$$N = (P_{out} / P_{\eta max}) + 1$$

ステップS2で取得した出力電力 P_{out} は、変換効率のあまり良くない条件で得られたものと推測できるので、変換効率の良好な状況で得られる出力電力に比べると、小さい値となっている。したがって、ステップS2で取得した出力電力 P_{out} を要素コンバータの最大効率出力電力 $P_{\eta max}$ で割って得た商は、最大効率運転できたと仮定したときの出力電力を $P_{\eta max}$ で割って得た商よりも小さい値となる。そこで、その商に1を加えた数値を、最大効率で運転するのに必要な駆動台数としている。

【0025】つぎに、ステップS4に進み、算出した台数NがNの最大値よりも大きいかな否かを判断する。本実施形態ではNの最大値は「3」であるので、ステップS

* トローラ4によって目標電圧が与えられ、定電圧制御を受ける。スレーブDC-DCコンバータ32および33は、コントローラ4によってマスタDC-DCコンバータ31と同じ出力電圧において同じ出力電流となるように目標電流が与えられ、定電流制御を受ける。

【0018】マスタDC-DCコンバータ31およびスレーブDC-DCコンバータ32、33は、いずれも同一の変換効率特性を有し、変換効率 η が出力電力に応じて変化する。

10 【0019】図2はマスタDC-DCコンバータ31およびスレーブDC-DCコンバータ32、33の変換効率特性を示すものであり、横軸に出力電力、縦軸に変換効率をとっている。この図からわかるように、変換効率 η は山形の特性を示し、出力電力が $P_{\eta max}$ のとき最大効率 η_{max} となる。なお、ここでは $P_{\eta max}$ を最大効率出力電力と呼ぶ。

【0020】コントローラ4は、インバータ2からの要求出力電圧、電流／電圧センサ5、6からの入出力電流・電圧情報、および電圧センサ6からのバッテリー電圧情報等に基づいて、マスタDC-DCコンバータ31およびスレーブDC-DCコンバータ32、33を制御する。

【0021】図3は、電力回生動作時におけるコントローラ4の制御手順を示すフローチャートである。電力回生時は、インバータ2からの電力を降圧してバッテリー7へ供給する。

【0022】ステップS1では、要素コンバータ31～33を起動させ、ついでステップS2では、このときに電流／電圧センサ6で検出した電流情報および電圧情報を取り込む。このときの電流値と電圧値の積が出力電力 P_{out} となる。

【0023】つぎに、ステップS3において、駆動すべき要素コンバータの台数Nの算出を次式(1)に基づいて行う。

【0024】

$$\dots (1)$$

3で算出したNの値が3よりも大きいかな否かを判断する。大きい場合は、ステップS5に進んでNの値をNの最大値すなわち3に置き換えた後にステップS6に移行する。これに対して、Nの値が3よりも小さいかまたは3に等しい場合はステップS5をスキップしてステップS6に移行する。

【0026】ステップS6では、電圧センサ8で検出されたバッテリー電圧VBを取得し、ステップS7において、マスタスレーブ型DC-DCコンバータ3の出力電圧Voがバッテリー電圧VBと同じになるように、マスタDC-DCコンバータ31に対する目標電圧をVBに設定し、指示する。

【0027】つぎに、ステップS8に進み、ステップS

3～ステップS5で確定した台数だけ要素コンバータを駆動する。このとき、マスタDC-DCコンバータ31は必ず駆動させるものとし、台数の調整はスレーブDC-DCコンバータ32、33で行う。たとえば、 $N=1$ であれば、マスタDC-DCコンバータ31のみを駆動し、 $N=2$ であれば、マスタDC-DCコンバータ31とスレーブDC-DCコンバータ32を駆動し、 $N=3$ であれば、マスタDC-DCコンバータ31とスレーブDC-DCコンバータ32および33を駆動する。なお、この時点では、マスタースレーブ型DC-DCコンバータ3の出力電圧とバッテリー電圧とが同じ値なので充電電流は流れない。

【0028】つぎに、ステップS9に移行し、出力電圧 V_o がバッテリー7の最大許容充電電圧 V_{omax} よりも小さいか否かを判断する。現時点では、ステップS6において出力電圧 V_o がバッテリー電圧 V_B と同じ値に設定されているので、出力電圧 V_o は許容電圧範囲内であり、判断は肯定されてステップS10に移行する。

【0029】ステップS10では、出力電圧 V_o を予め設定された値 dV_o だけ増加させる。すなわち、マスタDC-DCコンバータ31の目標出力電圧を dV_o だけ増加させ、これにより出力電圧 V_o が増加する。これによって、出力電圧 V_o がバッテリー電圧 V_B を上回るため、バッテリー7への充電電流すなわち出力電流 I_o が流れ出す。

【0030】ステップS11では、充電電流（出力電流 I_o ）がバッテリー7の最大許容充電電流 I_{omax} よりも小さいか否かを判断する。ここで、肯定されれば正常動作中とみなしてステップS12に移行して、マスタースレーブ型DC-DCコンバータ3としての変換効率 η を次式（2）に基づいて算出する。

$$\eta = P_{out} / P_{in} \quad \dots (2)$$

ここに、 P_{out} は電流／電圧センサ6により検出された電流値および電圧値に基づいて得られた出力電力であり、 P_{in} は電流／電圧センサ5により検出された電流値および電圧値に基づいて得られた入力電力である。

【0032】そして、ステップS13に進んで、ステップS12で得られた変換効率 η が最大効率 η_{max} か否かを判断する。なお、マスタースレーブ型DC-DCコンバータ3としての最大効率 η_{max} は、各要素コンバータの最大効率 η_{max} と等しい。

【0033】変換効率 η が最大効率 η_{max} でない場合、すなわち、変換効率 η が最大効率 η_{max} よりも小さい値の場合には、ステップS9に戻り、ステップS9からステップS13を変換効率 η が最大効率 η_{max} とほぼ一致するまで繰り返す。

【0034】なお、出力電圧 V_o がバッテリー7の最大許容充電電圧 V_{omax} 以上になったとき、あるいは、充電電流 I_o がバッテリー7の最大許容充電電流 I_{omax}

以上になったときにもステップS9～ステップS13による電圧調整を終了させる。

【0035】この実施形態によれば、回生電力に応じて最も変換効率の良い並列運転台数 N を算出し、さらに、バッテリー7の最大許容充電電圧および最大許容充電電流を超えない範囲で出力電圧を調整することにより、マスタースレーブ型DC-DCコンバータ3を最大効率またはそれに近い効率で運転し、回生電力を効率よくバッテリー7に蓄えることができる。

【0036】図4は本実施形態の電源回路におけるマスタースレーブ型DC-DCコンバータの変換効率特性と、1台の大容量DC-DCコンバータの変換効率特性とを、最大効率出力電力を一致させて比較したグラフであり、横軸に出力電力、縦軸に変換効率をとっている。特性Aが本実施形態におけるマスタースレーブ型DC-DCコンバータの変換効率特性であり、特性Bが単独運転によるDC-DCコンバータによる変換効率特性である。このグラフからわかるように、本実施形態に用いられているマスタースレーブ型DC-DCコンバータによれば、広範囲の出力電力（負荷条件）において常に高いレベルの変換効率を得られることがわかる。

【0037】つぎに、電動機動作時について説明する。

【0038】図5は、電動機動作時におけるコントローラ4の制御手順を示すフローチャートである。電動機動作時は、バッテリー7の電圧を昇圧してインバータ2を介して電動発電機1に電力を供給する。

【0039】ステップS21～ステップS25は、図3に示す回生動作時のフローチャートのステップS1～ステップS5と実質的に同じであるので、詳細な説明は省略する。ただし、回生動作とは電流の流れが逆であるので、ステップS22における出力電力 P_{out} の測定に用いられる電流／電圧センサが異なる。すなわち、回生動作時ではバッテリー7側が出力端子になるので電流／電圧センサ6の検出結果に基づいて出力電力 P_{out} を算出していたが、電動機動作時ではインバータ2側が出力端子になるので電流／電圧センサ5の検出結果に基づいて出力電力 P_{out} を算出する。

【0040】ステップS26では、マスタDC-DCコンバータ31に対して出力電圧を指示する。電動機動作時は、前述の回生動作時とは異なり、インバータ2からの要求出力電圧と同じ値の電圧値を目標出力電圧に設定する。

【0041】その後、ステップS27に進み、ステップS23～ステップS25で確定した台数だけ要素コンバータを駆動する。このとき、マスタDC-DCコンバータ31は必ず駆動させるものとし、台数の調整はスレーブDC-DCコンバータ32、33で行う。これによって、変換効率に関して最適な台数での運転が行われる。

【0042】つぎに、本発明の第2実施形態を図6および図7と共に説明する。図6は第2実施形態の構成を示

す回路図であり、図7はその動作を示すフローチャートである。図6において、図1と同一の要素には同一の符号を付してその詳細な説明を省略する。

【0043】この実施形態では、マスタースレーブ型DC-DCコンバータ20の内部構成が第1実施形態のマスタースレーブ型DC-DCコンバータ3と相違する。

【0044】第1実施形態のマスタースレーブ型DC-DCコンバータ3は、変換効率特性が互いに同じである3台の要素コンバータを備えていたが、この実施形態のマスタースレーブ型DC-DCコンバータ20は6台の要素コンバータを備え、変換効率特性によって2つのグループに分類される。マスターDC-DCコンバータ21、23およびスレーブDC-DCコンバータ22は、第1の変換効率特性を有し、これらを第1要素コンバータと呼ぶことにする。一方、スレーブDC-DCコンバータ24～26は第2の変換効率特性を有し、これらを第2要素コンバータと呼ぶことにする。

【0045】図8は第1および第2の変換効率特性を示すグラフであり、横軸に出力電力をとり、縦軸に変換効率をとっている。同図に示すように、第2の変換効率特性Dにおける最大効率出力電力 $P_{\eta \max 2}$ は、第1の*

$$N1 = (P_{in} / P_{\eta \max 1})$$

ステップS31で取得した入力電力 P_{in} を第1要素コンバータの最大効率出力電力 $P_{\eta \max 1}$ で割ることにより得られた台数 $N1$ は、マスタースレーブ型DC-DCコンバータ20を最大効率で運転するのに必要な第1要素コンバータの台数にほぼ等しい。

【0051】つぎに、ステップS33には、ステップS32で算出した台数 $N1$ が $N1$ の最大値よりも大きいか否かを判断する。本実施形態では $N1$ の最大値は「3」であるので、ステップS32で算出した $N1$ の値が3よりも大きいか否かを判断する。大きい場合は、ス*

$$N2 = (P_{in} - N1 \times P_{\eta \max 1}) / P_{\eta \max 2} \quad \dots (4)$$

選択された第1要素コンバータによる最大効率出力電力の総和を入力電力 P_{in} から引くことにより、第2要素コンバータが負担すべきおおよその電力が求まる。これを第2要素コンバータの最大効率出力電力で割ることにより、その残りの電力分を効率よくカバーすることができる第2要素コンバータの台数が求まる。

【0054】つぎに、ステップS36において、ステップS35で算出した台数 $N2$ が $N2$ の最大値よりも大きいか否かを判断する。本実施形態では $N2$ の最大値は「3」であるので、ステップS35で算出した $N2$ の値が3よりも大きいか否かを判断する。大きい場合は、ステップS37に進んで $N2$ の値を $N2$ の最大値すなわち3に置き換えた後にステップS33に移行する。これに対して、 $N2$ の値が3よりも小さいかまたは3に等しい場合はステップS37をスキップしてステップS38に移行する。

【0055】ステップS38では、電圧センサ8で検出

* 変換効率特性Cにおける最大効率出力電力 $P_{\eta \max 1}$ よりも小さい。

【0046】マスターDC-DCコンバータ21および23は、コントローラ30によって定電圧制御される。スレーブDC-DCコンバータ22はマスターDC-DCコンバータ21と出力電流が同じになるように定電流制御される。スレーブDC-DCコンバータ24～26は、出力電流がマスターDC-DCコンバータ23の出力電流よりも所定比率で小さい値となるように定電流制御される。

【0047】つぎに、電動発電機1の回生動作時におけるコントローラ30の制御を図7のフローチャートと共に説明する。

【0048】まず、ステップS31では、電流/電圧センサ5で検出した電流情報および電圧情報を取り込み、その電流値と電圧値との積から入力電力 P_{in} を取得する。

【0049】つぎに、ステップS32において、駆動すべき第1要素コンバータの台数 $N1$ の算出を次式(3)に基づいて行う。

$$N1 = (P_{in} / P_{\eta \max 1}) \quad \dots (3)$$

※ステップS34に進んで $N1$ の値を $N1$ の最大値すなわち3に置き換えた後にステップS35に移行する。これに対して、 $N1$ の値が3よりも小さいかまたは3に等しい場合はステップS34をスキップしてステップS35に移行する。

【0052】ステップS35では、駆動すべき第2要素コンバータの台数 $N2$ の算出を次式(4)に基づいて行う。

$$N2 = (P_{in} - N1 \times P_{\eta \max 1}) / P_{\eta \max 2} \quad \dots (4)$$

されたバッテリー電圧 V_B を取得し、ステップS39において、マスタースレーブ型DC-DCコンバータ3の出力電圧 V_o がバッテリー電圧 V_B と同じになるように、マスターDC-DCコンバータ21、23に対する目標電圧を V_B に設定し、指示する。

【0056】つぎに、ステップS40に進み、ステップS32～ステップS37で確定した台数だけ要素コンバータを駆動する。たとえば、 $N1=1$ 、 $N2=2$ であれば、マスターDC-DCコンバータ23とスレーブDC-DCコンバータ24、25を駆動し、 $N1=2$ 、 $N2=0$ であれば、マスターDC-DCコンバータ21とスレーブDC-DCコンバータ22を駆動し、 $N1=2$ 、 $N2=2$ であれば、マスターDC-DCコンバータ21、23およびスレーブDC-DCコンバータ24、25を駆動する。なお、この時点では、マスタースレーブ型DC-DCコンバータ20の出力電圧とバッテリー電圧とが同じ値なので充電電流は流れない。

【0057】その後、ステップS41～ステップS45によって出力電圧を徐々に増大させることにより、出力電力を最大効率に近づける。なお、ステップS41～ステップS45は、図3において説明したステップS9～ステップS13と同じであるので詳細な説明は省略する。

【0058】このように、本実施形態においても、第1実施形態と同様に、マスタースレーブ型DC-DCコンバータ内の要素コンバータの台数が調整されて、変換効率が最適となるようにマスタースレーブ型DC-DCコンバータが動作する。

【0059】上記2つの実施形態は、電気自動車やハイブリッド車に搭載された電動発電機の電源回路として本発明を利用したものだが、他の実施形態も考えられる。

【0060】図9は、可搬式非常用電源装置（たとえば、商用電源の100V用）に本発明を適用した場合の実施形態を示す。

【0061】図9において、図1と同一の要素には同一の符号を付してその詳細な説明を省略する。この実施形態では、燃料電池50から発生する高電圧を、マスタースレーブ型DC-DCコンバータ3でバッテリー電圧まで降圧し、インバータ51でDC-AC変換を行って、交流負荷52に供給する。なお、バッテリー7は、燃料電池50が起動してから定常運転状態に至るまでに時間を要するため、その間のバックアップを行っている。この実施形態の場合、燃料電池50が起動から定常状態に移るまでに時間を要するので、マスタースレーブ型DC-DCコンバータ3にとっての入力電力が変化する。これに対してコントローラ4は、入力電力の変化に応じて変換効率が最もよくなるように、駆動すべき要素コンバータの台数を決定する。

【0062】

【発明の効果】以上のように、本発明の電源回路によれ*

*ば、内蔵するマスタースレーブ型DC-DCコンバータの要素コンバータの駆動台数を、入力電力あるいは出力電圧に応じて適宜選択するので、最適な変換効率でマスタースレーブ型DC-DCコンバータを動作させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施形態である電源回路を示す回路図。

【図2】 マスタースレーブ型DC-DCコンバータ3内の各要素コンバータの変換効率特性を示すグラフ。

【図3】 回生動作時のコントローラ4の動作を示すフローチャート。

【図4】 マスタースレーブ型DC-DCコンバータ3の変換効率特性およびマスタースレーブ型DC-DCコンバータ3に代えて単独のDC-DCコンバータとしたときの変換効率特性を示すグラフ。

【図5】 電動機動作時のコントローラ4の動作を示すフローチャート。

【図6】 本発明の第2実施形態である電源回路を示す回路図。

【図7】 回生動作時のコントローラ30の動作を示すフローチャート。

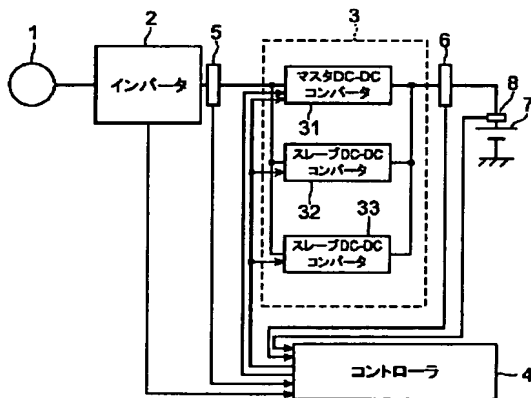
【図8】 第1要素コンバータの変換効率特性および第2要素コンバータの変換効率特性を示すグラフ。

【図9】 本発明の第3実施形態である電源回路を示す回路図。

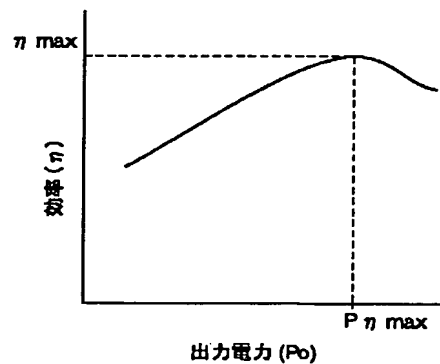
【符号の説明】

1…電動発電機、2、51…インバータ、3、20…マスタースレーブ型DC-DCコンバータ、4、30…コントローラ、5、6…電流/電圧センサ、7…バッテリー、8…電圧センサ、21、23、31…マスタDC-DCコンバータ、22、24、25、26、32、33…スレーブDC-DCコンバータ、50…燃料電池。

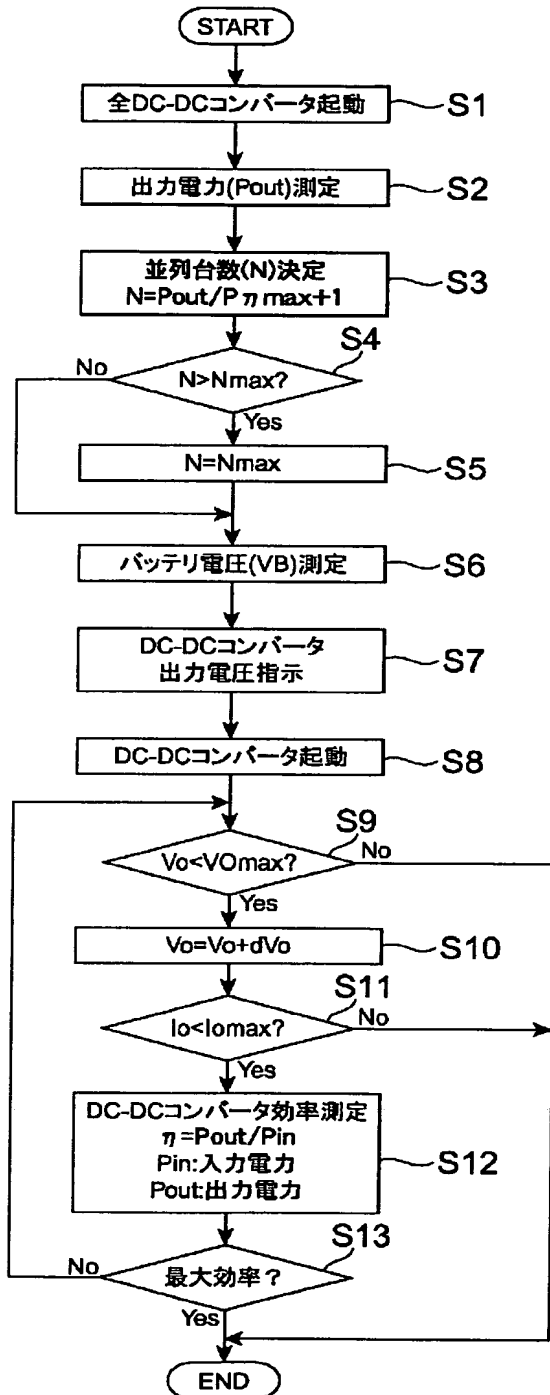
【図1】



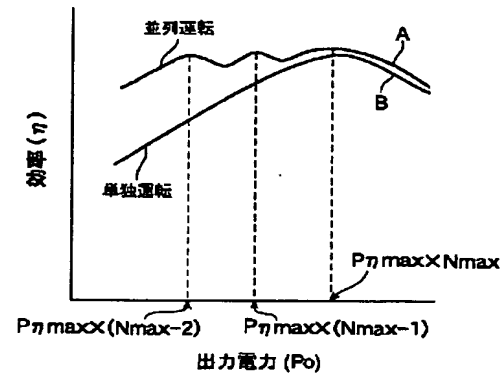
【図2】



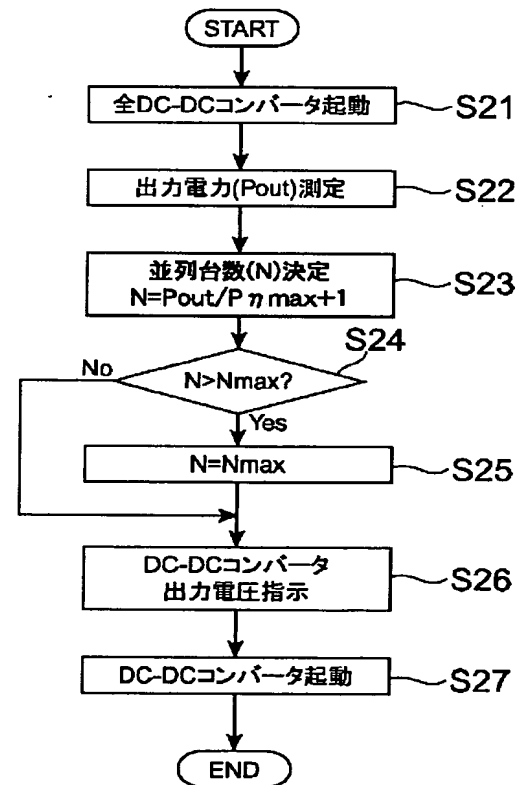
【図3】



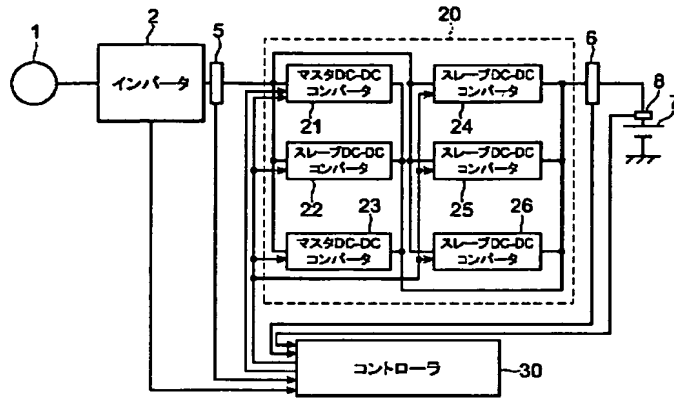
【図4】



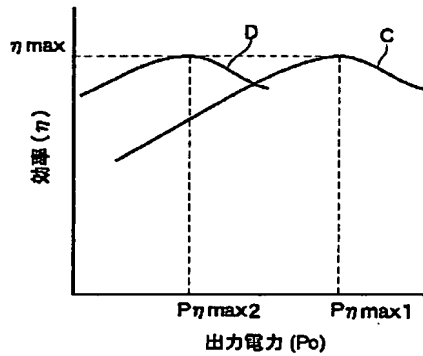
【図5】



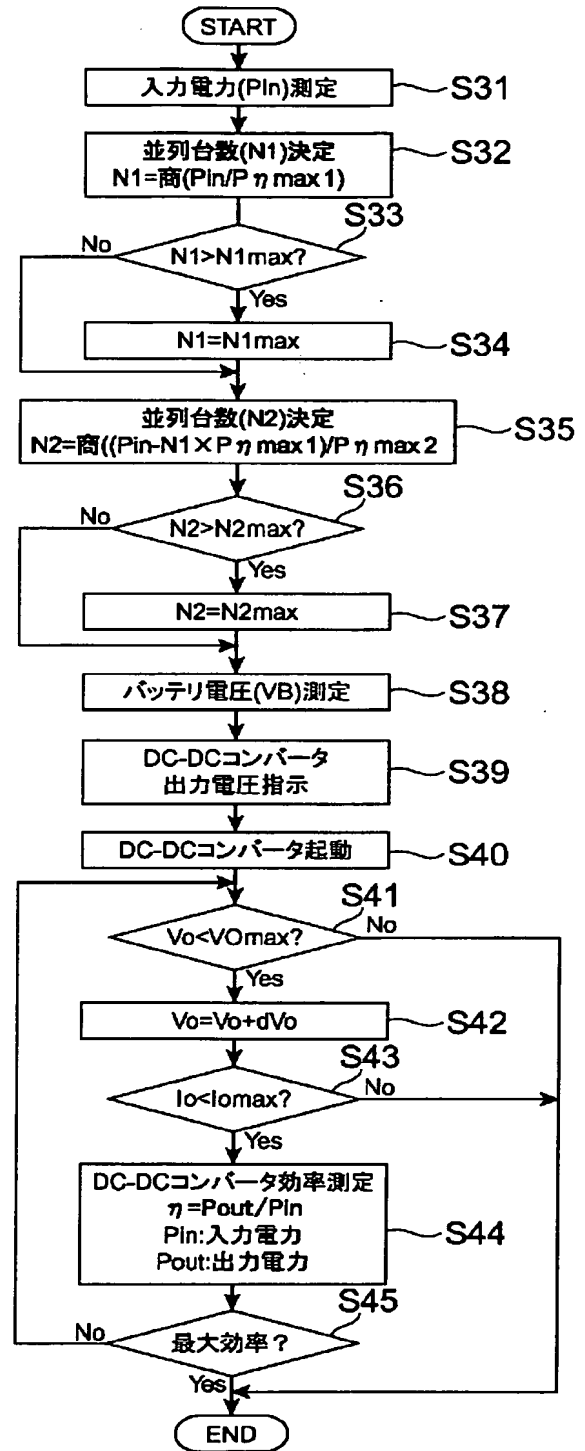
【図6】



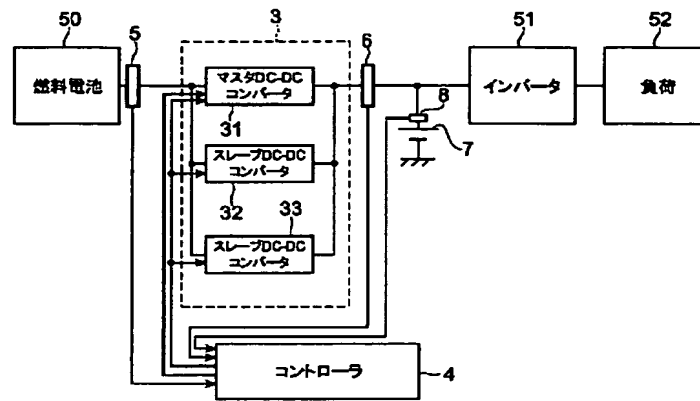
【図8】



【図7】



【図9】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5H115 PA11 PC06 PG04 PI16 PO17
 PU08 PU21 PV02 PV09 QI04
 SE10 T014
 5H730 AA14 AS01 AS02 AS13 AS17
 BB82 BB88 EE59 FD01 FD11
 FD21 FD31 FD41 FG12 FG17

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-235252

(43)Date of publication of application : 22.08.2003

(51)Int.Cl.

H02M 3/155

B60L 7/22

B60L 11/18

(21)Application number : 2002-032973 (71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

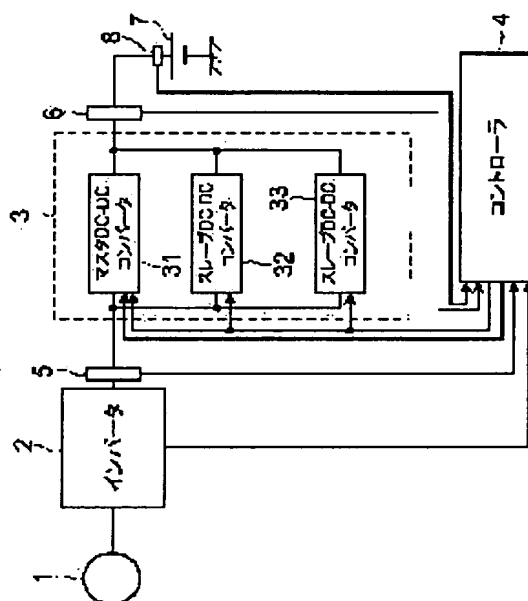
(22)Date of filing : 08.02.2002 (72)Inventor : TSUCHIYA JIRO

(54) POWER CIRCUIT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a power circuit which is equipped with a DC-DC converter which operates with a favorable conversion efficiency even if the input power changes.

SOLUTION: This power circuit is composed of a master slave type DC-DC converter 3, a controller 4, and current/voltage sensors 5 and 6, and this is provided together with an inverter between an electric motor 1 and a battery 7. The controller 4 controls a master DC-DC converter 31 and slave DC-DC converters 32 and 33, on the basis of the requested output voltage from the inverter 2, the input-output current voltage information from the current/voltage sensors 5 and 6, the battery voltage information from the voltage sensor 6, and others.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The power circuit characterized by having the control means which chooses the master slave mold DC-DC converter which has 1 or two or more master DC-DC converters, and 1 which operates so that the output current and output voltage may be in agreement with said master DC-DC converter or two or more slave DC-DC converters, and said master DC-DC converter and slave DC-DC converter which make reference power either the input power of said master slave mold DC-DC converter, or output power, and are operated according to said reference power.

[Claim 2] Said control means is a power circuit according to claim 1 characterized by choosing said master DC-DC converter and said slave DC-DC converter so that the sum of each maximum effectiveness output power of said master DC-DC converter and said slave DC-DC converter may serve as output power of said master slave mold DC-DC converter, or a value near it.

[Claim 3] Said control means is a power circuit according to claim 2 characterized by being what adjusts output voltage so that the conversion efficiency of said master slave mold DC-DC converter may approach the maximum effectiveness.

[Claim 4] A power circuit given in any 1 term of claims 1-3 characterized by connecting the motor generator for cars to one input/output terminal of said master slave mold DC-DC converter through an inverter, and connecting the charge-and-discharge means for cars to the input/output terminal of another side.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to a DC-DC converter and the power circuit which has a master slave mold DC-DC converter especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the electric vehicle or the hybrid car, the regeneration power from a motor generator is transformed with a DC-DC converter at the time of moderation, and it is storing in the dc-battery. There are some which were indicated by JP,2000-253503,A as a technique about this kind of DC-DC converter.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Generally, as for a DC-DC converter, conversion efficiency changes according to input power. Especially, in the case of the bidirectional DC-DC converter of 1 circuit ***** method, extent of the change is large in a main circuit. The aggravation factor of conversion efficiency has the switching loss of the upstream, and loss by the forward voltage drop of secondary rectifier diode. Generally, although a DC-DC converter is designed, by the increment in an input current, or the increment in input voltage, loss of the upstream, i.e., switching loss, increases and conversion efficiency is worsened, so that it may become the maximum effectiveness [near the rated output]. On the other hand, at the time of low input power, instead of switching loss decreasing, secondary loss becomes dominant and conversion efficiency is worsened.

[0004] Since the regeneration power by the motor generator in an electric vehicle or a hybrid car changes with the operational status of a car a lot, the power inputted into a DC-DC converter also changes a lot. Therefore, it was difficult to always operate a DC-DC converter with the best conversion efficiency.

[0005]

[Means for Solving the Problem] It is made in order that the power circuit of this invention may solve such a technical problem. One or two or more master DC-DC converters, The master slave mold DC-DC converter which has 1 which operates so that the output current and output voltage may be in agreement with a master DC-DC converter, or two or more slave DC-DC converters, Either the input power of a master slave mold DC-DC converter or output power is made into reference power, and it is characterized by having the control means which chooses the master DC-DC converter and slave DC-DC converter to operate according to said reference power.

[0006] According to this power circuit, only the master DC-DC converter and slave DC-DC converter which were chosen according to the input power or the output power of a master slave mold DC-DC converter operate. Since the maximum effectiveness output power as a master slave mold DC-DC converter serves as the sum of each maximum effectiveness output power of the selected master DC-DC converter and a slave DC-DC converter, according to a selection result, the maximum effectiveness output power of a master slave mold DC-DC converter changes.

[0007] As for a control means, it is desirable to choose a master DC-DC converter and a slave DC-DC converter so that the sum of each maximum effectiveness output power of a master DC-DC converter and a slave DC-DC converter may serve as output power of a master slave mold DC-DC converter or a value near it.

[0008] By choosing a master DC-DC converter and a slave DC-DC converter in this way, a master

slave mold DC-DC converter can be operated at the maximum effectiveness or the effectiveness near it.

[0009] As for a control means, it is desirable that it is what adjusts output voltage so that the conversion efficiency of a master slave mold DC-DC converter may approach the maximum effectiveness.

[0010] By suitable selection of a master DC-DC converter and a slave DC-DC converter, after bringing about the conversion efficiency of a master slave mold DC-DC converter close to the maximum effectiveness, conversion efficiency can be further brought close to the maximum effectiveness by adjusting output power.

[0011] It is desirable to connect the motor generator for cars to one input/output terminal of a master slave mold DC-DC converter through an inverter, and to connect the charge-and-discharge means for cars to the input/output terminal of another side.

[0012] Although the regeneration power of the motor generator for cars changes a lot according to the moderation situation of a car, since it is adjusted so that the conversion efficiency of a master slave mold DC-DC converter may approach the maximum effectiveness according to the value of regeneration power, it can charge the charge-and-discharge means for cars efficiently.

[0013]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 is the block diagram showing the power circuit which is 1 operation gestalt of this invention. This power circuit is constituted by master slave mold DC-DC converter 3, a controller 4, and the current/voltage sensors 5 and 6, and is prepared with the inverter 2 in the hybrid car or the electric vehicle between the motor generator 1 for a car drive, and the dc-battery 7 which is a charge-and-discharge means.

[0014] A motor generator 1 operates as a generator at the time of car moderation, and outputs regeneration power while it operates as the source of power of car transit, i.e., a motor.

[0015] In case an inverter 2 drives a motor generator 1, it changes into three-phase-alternating-current power the direct current power of the dc-battery 7 by which the pressure up was carried out with master slave mold DC-DC converter 3. Moreover, an inverter 2 changes into direct current power the regeneration power of the alternating current generated with the motor generator 1, in case a motor generator 1 is operated as a generator (i.e., when carrying out regeneration actuation).

[0016] Master slave mold DC-DC converter 3 is a bidirectional DC-DC converter, and has master DC-DC converter 31 which performs bidirectional actuation, and slave DC-DC converters 32 and 33 which similarly perform bidirectional actuation. In addition, master DC-DC converter 31 and slave DC-DC converters 32 and 33 will be named generically, and it will be called an element converter here.

[0017] By the controller 4, a target electrical potential difference is given and master DC-DC converter 31 receives constant-voltage control. A target current is given so that it may become the same output current in the same output voltage as master DC-DC converter 31 by the controller 4, and slave DC-DC converters 32 and 33 receive constant current control.

[0018] Master DC-DC converter 31 and slave DC-DC converters 32 and 33 all have the same conversion efficiency property, and conversion efficiency η changes according to output power.

[0019] Drawing 2 shows the conversion efficiency property of master DC-DC converter 31 and slave DC-DC converters 32 and 33, and output power is taken along an axis of abscissa, and it has taken conversion efficiency along the axis of ordinate. As shown in this drawing, conversion efficiency η shows the property of Yamagata, and when output power is P_{etamax} , it serves as maximum effectiveness η_{max} . In addition, P_{etamax} is called the maximum effectiveness output power here.

[0020] A controller 4 controls master DC-DC converter 31 and slave DC-DC converters 32 and 33 based on the demand output voltage from an inverter 2, the I/O current and electrical-potential-difference information from a current / voltage sensors 5 and 6, the battery voltage information from a voltage sensor 6, etc.

[0021] Drawing 3 is a flow chart which shows the control procedure of the controller 4 at the time of power regeneration actuation. At the time of power regeneration, the pressure of the power from an inverter 2 is lowered, and it supplies it to a dc-battery 7.

[0022] At step S1, the element converters 31-33 are started and, subsequently to this time, the current information and electrical-potential-difference information which were detected by the

current / voltage sensor 6 are incorporated by step S2. The product of the current value at this time and an electrical-potential-difference value serves as output power P_{out} .

[0023] Next, in step S3, calculation of the number N of the element converter which should be driven is performed based on a degree type (1).

[0024]

$$N = (P_{out}/P_{etamax}) + 1 \text{ -- (1)}$$

Since it can guess that the output power P_{out} acquired at step S2 is what was obtained out of conversion efficiency on the conditions which are not good, compared with the output power obtained in a situation with good conversion efficiency, it is a small value. Therefore, the quotient which broke the output power P_{out} acquired at step S2 by the maximum effectiveness output power P_{etamax} of an element converter, and obtained it serves as a value smaller than the quotient which broke the output power when assuming that the maximum effectiveness operation was able to be carried out by P_{etamax} , and obtained it. Then, the numeric value which added 1 to the quotient is made into the number of a drive required to operate at the maximum effectiveness.

[0025] It judges whether next the number N which progressed to step S4 and was computed is larger than the maximum of N . With this operation gestalt, since the maximum of N is "3", it judges whether the value of N computed at step S3 is larger than 3. When large, after progressing to step S5 and transposing the value of N to the maximum of N , 3 [i.e.,], it shifts to step S6. On the other hand, the value of N is smaller than 3, or when equal to 3, step S5 is skipped and it shifts to step S6.

[0026] At step S6, battery voltage V_B detected by the voltage sensor 8 is acquired, and in step S7, the target electrical potential difference to master DC-DC converter 31 is set up and directed to V_B so that the output voltage V_o of master slave mold DC-DC converter 3 may become the same as battery voltage V_B .

[0027] Next, it progresses to step S8 and only the number decided at step S3 - step S5 drives an element converter. At this time, master DC-DC converter 31 is made to surely drive, and performs adjustment of the number with slave DC-DC converters 32 and 33. For example, if it is $N=1$, only master DC-DC converter 31 will be driven, if it is $N=2$, master DC-DC converter 31 and slave DC-DC converter 32 will be driven, and if it is $N=3$, master DC-DC converter 31 and slave DC-DC converters 32 and 33 will be driven. In addition, at this time, since the output voltage and battery voltage of master slave mold DC-DC converter 3 are the same value, the charging current does not flow.

[0028] Next, it shifts to step S9 and judges whether output voltage V_o is smaller than the maximum-permissible charge electrical potential difference V_{omax} of a dc-battery 7. At present, since output voltage V_o is set as the same value as battery voltage V_B in step S6, output voltage V_o is allowable-voltage within the limits, and decision is affirmed and shifts to step S10.

[0029] Only the value dV_o set up beforehand makes output voltage V_o increase at step S10. That is, only dV_o makes the target output voltage of master DC-DC converter 31 increase, and, thereby, output voltage V_o increases. By this, in order that output voltage V_o may exceed battery voltage V_B , it flows out, the charging current I_o , i.e., the output current, to a dc-battery 7.

[0030] At step S11, it judges whether the charging current (output current I_o) is smaller than the maximum-permissible charging current I_{omax} of a dc-battery 7. Here, if affirmed, it will consider that it is normally working, will shift to step S12, and the conversion efficiency η as master slave mold DC-DC converter 3 will be computed based on a degree type (2).

[0031]

$$\eta = P_{out}/P_{in} \text{ -- (2)}$$

It is the input power obtained here based on the current value and electrical-potential-difference value with which P_{out} is the output power obtained based on the current value and electrical-potential-difference value which were detected by the current / voltage sensor 6, and P_{in} was detected by the current / voltage sensor 5.

[0032] And it progresses to step S13 and the conversion efficiency η acquired at step S12 judges whether it is maximum effectiveness η_{amax} . In addition, maximum effectiveness η_{amax} as master slave mold DC-DC converter 3 is equal to maximum effectiveness η_{amax} of each element converter.

[0033] When conversion efficiency η is not maximum effectiveness η_{amax} , in the case of a value

smaller than maximum effectiveness η_{\max} , it repeats until the conversion efficiency η of conversion efficiency η corresponds step S13 with step S9 mostly with maximum effectiveness η_{\max} from return and step S9.

[0034] In addition, when output voltage V_o becomes more than the maximum-permissible charge electrical potential difference V_{\max} of a dc-battery 7, or also when the charging current I_o becomes beyond the maximum-permissible charging current I_{\max} of a dc-battery 7, the voltage adjustment by step S9 - step S13 is terminated.

[0035] According to this operation gestalt, by computing the number N of parallel operation with the most sufficient conversion efficiency according to regeneration power, and adjusting output voltage further in the range which does not exceed the maximum-permissible charge electrical potential difference and the maximum-permissible charging current of a dc-battery 7, master slave mold DC-DC converter 3 can be operated at the maximum effectiveness or the effectiveness near it, and regeneration power can be efficiently stored in a dc-battery 7.

[0036] Drawing 4 is the graph which the maximum effectiveness output power was made in agreement, and compared the conversion efficiency property of the master slave mold DC-DC converter in the power circuit of this operation gestalt with the conversion efficiency property of one set of a mass DC-DC converter, and output power is taken along an axis of abscissa, and it has taken conversion efficiency along the axis of ordinate. A property A is the conversion efficiency property of the master slave mold type DC-DC converter in this operation gestalt, and a property B is a conversion efficiency property by the DC-DC converter by individual operation. As this graph shows, according to the master slave mold DC-DC converter used for this operation gestalt, it turns out that the conversion efficiency of always high level is acquired in wide range output power (load conditions).

[0037] Below, the time of motor actuation is explained.

[0038] Drawing 5 is a flow chart which shows the control procedure of the controller 4 which can be set at the time of motor actuation. At the time of motor actuation, the pressure up of the electrical potential difference of a dc-battery 7 is carried out, and it supplies power to a motor generator 1 through an inverter 2.

[0039] Since it is substantially the same, step S21 - step S25 abbreviate detailed explanation to step S1 of the flow chart at the time of the regeneration actuation shown in drawing 3 - step S5. However, since the flow of a current is reverse, the current/voltage sensor used for measurement of the output power P_{out} in step S22 differ from regeneration actuation. That is, in the time of regeneration actuation, since the dc-battery 7 side became an output terminal, output power P_{out} was computed based on the detection result of a current / voltage sensor 6, but in the time of motor actuation, since an inverter 2 side becomes an output terminal, output power P_{out} is computed based on the detection result of a current / voltage sensor 5.

[0040] At step S26, output voltage is directed to master DC-DC converter 31. Unlike the time of the above-mentioned regeneration actuation, at the time of motor actuation, the electrical-potential-difference value of the same value as the demand output voltage from an inverter 2 is set as target output voltage.

[0041] Then, it progresses to step S27 and only the number decided at step S23 - step S25 drives an element converter. At this time, master DC-DC converter 31 is made to surely drive, and performs adjustment of the number with slave DC-DC converters 32 and 33. Operation in the optimal number is performed about conversion efficiency by this.

[0042] Below, the 2nd operation gestalt of this invention is explained with drawing 6 and drawing 7. Drawing 6 is the circuit diagram showing the configuration of the 2nd operation gestalt, and drawing 7 is a flow chart which shows the actuation. In drawing 6, the same sign is given to the same element as drawing 1, and the detailed explanation is omitted.

[0043] With this operation gestalt, the internal configuration of master slave mold DC-DC converter 20 is different from master slave mold DC-DC converter 3 of the 1st operation gestalt.

[0044] Although, as for master slave mold DC-DC converter 3 of the 1st operation gestalt, the conversion efficiency property was equipped with the three same element converters of each other, master slave mold DC-DC converter 20 of this operation gestalt is equipped with six element converters, and is classified into two groups according to a conversion efficiency property. Master

DC-DC converters 21 and 23 and slave DC-DC converter 22 have the 1st conversion efficiency property, and make it call these the 1st element converter. On the other hand, slave DC-DC converters 24-26 will have the 2nd conversion efficiency property, and will call these the 2nd element converter.

[0045] Drawing 8 is a graph which shows the 1st and 2nd conversion efficiency properties, took output power along the axis of abscissa, and has taken conversion efficiency along the axis of ordinate. As shown in this drawing, the maximum effectiveness output power $P_{etamax2}$ in the 2nd conversion efficiency property D is smaller than the maximum effectiveness output power $P_{etamax1}$ in the 1st conversion efficiency property C.

[0046] Constant-voltage control of master DC-DC converters 21 and 23 is carried out by the controller 30. Constant current control of slave DC-DC converter 22 is carried out so that master DC-DC converter 21 and the output current may become the same. Constant current control of slave DC-DC converters 24-26 is carried out so that the output current may serve as a small value from the output current of master DC-DC converter 23 by the predetermined ratio.

[0047] Below, control of the controller 30 at the time of regeneration actuation of a motor generator 1 is explained with the flow chart of drawing 7.

[0048] First, at step S31, the current information and electrical-potential-difference information which were detected by the current / voltage sensor 5 are incorporated, and input power P_{in} is acquired from the product of the current value and electrical-potential-difference value.

[0049] Next, in step S32, calculation of the number $N1$ of the 1st element converter which should be driven is performed based on a degree type (3).

[0050]

$$N1 = (P_{in} / P_{etamax1}) \text{ -- (3)}$$

The number $N1$ obtained by breaking the input power P_{in} acquired at step S31 by the maximum effectiveness output power $P_{etamax1}$ of the 1st element converter is almost equal to the number of the 1st element converter required to operate master slave mold DC-DC converter 20 at the maximum effectiveness.

[0051] Next, it judges then whether the number $N1$ computed at step S32 is larger than the maximum of $N1$ to step S33. With this operation gestalt, since the maximum of $N1$ is "3", it judges whether the value of $N1$ computed at step S32 is larger than 3. When large, after progressing to step S34 and transposing the value of $N1$ to the maximum of $N1$, 3 [i.e.,], it shifts to step S35. On the other hand, the value of $N1$ is smaller than 3, or when equal to 3, step S34 is skipped and it shifts to step S35.

[0052] At step S35, calculation of the number $N2$ of the 2nd element converter which should be driven is performed based on a degree type (4).

[0053]

$$N2 = (P_{in} - N1 \times P_{etamax1}) / P_{etamax2} \text{ -- (4)}$$

By lengthening total of the maximum effectiveness output power by the selected 1st element converter from input power P_{in} , the near power which the 2nd element converter should pay can be found. By breaking this by the maximum effectiveness output power of the 2nd element converter, the number of the 2nd element converter which can cover the parts for the remaining power efficiently can be found.

[0054] Next, in step S36, it judges whether the number $N2$ computed at step S35 is larger than the maximum of $N2$. With this operation gestalt, since the maximum of $N2$ is "3", it judges whether the value of $N2$ computed at step S35 is larger than 3. When large, after progressing to step S37 and transposing the value of $N2$ to the maximum of $N2$, 3 [i.e.,], it shifts to step S33. On the other hand, the value of $N2$ is smaller than 3, or when equal to 3, step S37 is skipped and it shifts to step S38.

[0055] At step S38, battery voltage V_B detected by the voltage sensor 8 is acquired, and in step S39, the target electrical potential difference to master DC-DC converters 21 and 23 is set up and directed to V_B so that the output voltage V_o of master slave mold DC-DC converter 3 may become the same as battery voltage V_B .

[0056] Next, it progresses to step S40 and only the number decided at step S32 - step S37 drives an element converter. For example, if it is $N1 = 1$ and $N2 = 2$, master DC-DC converter 23 and slave DC-DC converters 24 and 25 will be driven, if it is $N1 = 2$ and $N2 = 0$, master DC-DC converter 21 and slave DC-DC converter 22 will be driven, and if it is $N1 = 2$ and $N2 = 2$, master DC-DC

converters 21 and 23 and slave DC-DC converters 24 and 25 will be driven. In addition, at this time, since the output voltage and battery voltage of master slave mold DC-DC converter 20 are the same value, the charging current does not flow.

[0057] Then, output power is brought close to the maximum effectiveness by increasing output voltage gradually by step S41 - step S45. In addition, since step S41 - step S45 are the same as step S9 - step S13 which were explained in drawing 3 , detailed explanation is omitted.

[0058] Thus, also in this operation gestalt, like the 1st operation gestalt, the number of the element converter in a master slave mold DC-DC converter is adjusted, and a master slave mold DC-DC converter operates so that conversion efficiency may become the optimal.

[0059] Although the two above-mentioned operation gestalten used this invention as a power circuit of the motor generator carried in the electric vehicle or the hybrid car, other operation gestalten are considered.

[0060] Drawing 9 shows the operation gestalt at the time of applying this invention to a portable-type emergency electric supply unit (for example, for 100V of a source power supply).

[0061] In drawing 9 , the same sign is given to the same element as drawing 1 , and the detailed explanation is omitted. With this operation gestalt, the pressure of the high voltage generated from a fuel cell 50 is lowered to battery voltage with master slave mold DC-DC converter 3, an inverter 51 performs DC-AC conversion, and the alternating current load 52 is supplied. In addition, the dc-battery 7 is performing backup in the meantime in order to take [after a fuel cell 50 starts] time amount to result in a steady operation condition. Since time amount is taken for a fuel cell 50 to move from starting to a steady state in the case of this operation gestalt, the input power for master slave mold DC-DC converter 3 changes. On the other hand, a controller 4 determines the number of the element converter which should be driven so that conversion efficiency may become the best according to change of input power.

[0062]

[Effect of the Invention] As mentioned above, since the drive number of the element converter of the master slave mold DC-DC converter to build in is suitably chosen according to input power or output voltage according to the power circuit of this invention, a master slave mold DC-DC converter can be operated with the optimal conversion efficiency.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The circuit diagram showing the power circuit which is 1 operation gestalt of this invention.

[Drawing 2] The graph which shows the conversion efficiency property of each element converter in master slave mold DC-DC converter 3.

[Drawing 3] The flow chart which shows actuation of the controller 4 at the time of regeneration actuation.

[Drawing 4] The graph which shows the conversion efficiency property when replacing with the conversion efficiency property of master slave mold DC-DC converter 3, and master slave mold DC-DC converter 3, and considering as an independent DC-DC converter.

[Drawing 5] The flow chart which shows actuation of the controller 4 at the time of motor actuation.

[Drawing 6] The circuit diagram showing the power circuit which is the 2nd operation gestalt of this invention.

[Drawing 7] The flow chart which shows actuation of the controller 30 at the time of regeneration actuation.

[Drawing 8] The graph which shows the conversion efficiency property of the 1st element converter, and the conversion efficiency property of the 2nd element converter.

[Drawing 9] The circuit diagram showing the power circuit which is the 3rd operation gestalt of this invention.

[Description of Notations]

1 [-- 5 A controller, 6 / -- A current/voltage sensor, 7 / -- A dc-battery, 8 / -- A voltage sensor, 21, 23, 31 / -- A master DC-DC converter, 22 24, 25, 26, 32, 33 / -- A slave DC-DC converter, 50 / -- Fuel cell.] -- 2 A motor generator, 51 -- 3 An inverter, 20 -- 4 A master slave mold DC-DC converter, 30

[Translation done.]

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

[Drawing 1]

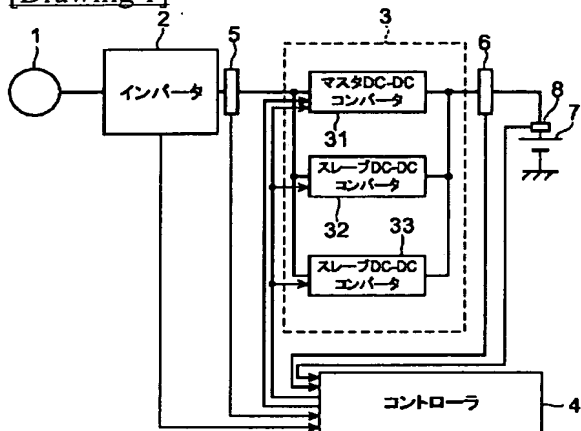
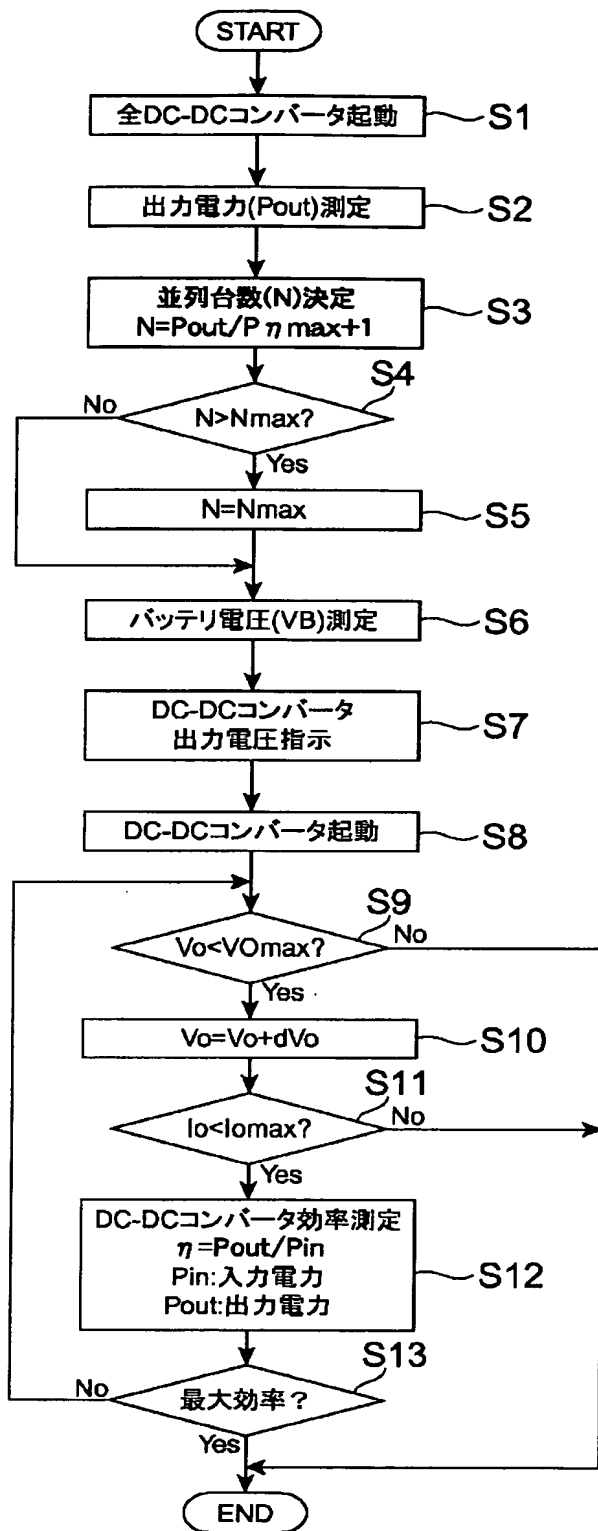
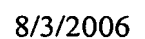
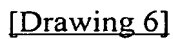
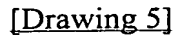


Figure 1 is a graph showing the relationship between efficiency (η) and output power (P_o). The vertical axis is labeled "効率 (η)" and the horizontal axis is labeled "出力電力 (P_o)". The curve starts at a low efficiency for low power, rises to a peak efficiency (η_{\max}) at a specific output power ($P_{\eta \max}$), and then slightly declines. Dashed lines indicate the peak values.

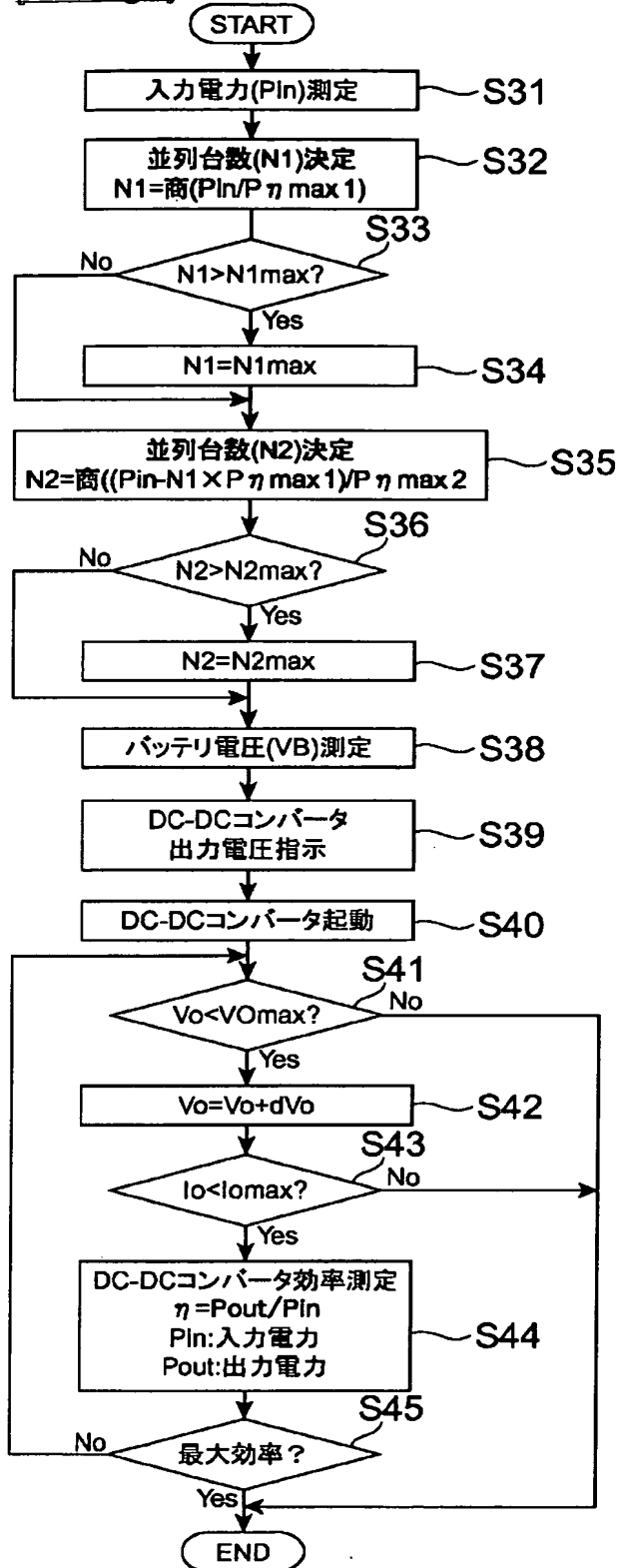
[Drawing 3]



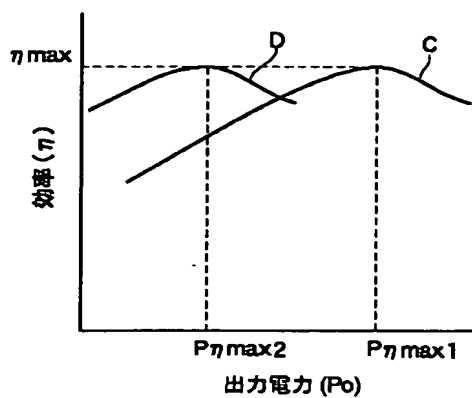
[Drawing 4]



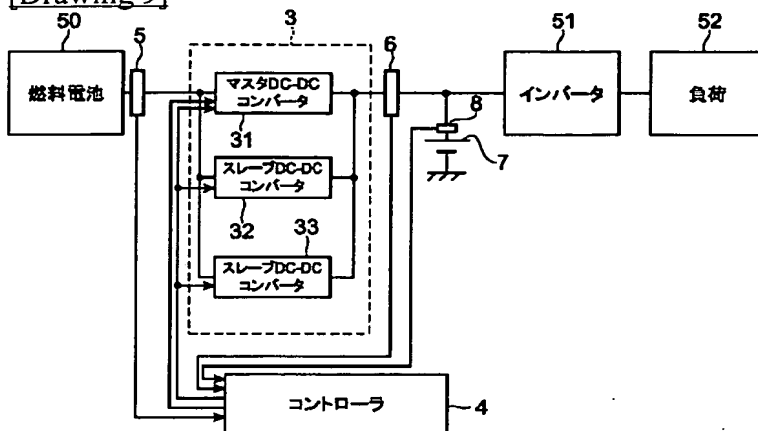
[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Drawing 9]



[Translation done.]